Introduzione

In questo elaborato presentiamo il lavoro che abbiamo svolto come attività di laboratorio del primo anno di laurea magistrale in Fisica (Laboratorio di Fisica II).

Il lavoro è stato condotto sotto la guida di Pier Stanislao Paolucci e Giulia de Bonis nell’ambito del progetto WaveScales.

Il nostro obiettivo è stato quello di analizzare una sequenza di immagini raffiguranti la corteccia cerebrale di un topolino anestetizzato per rilevare, nell’attività nervosa, fenomeni di propagazione di onde lente (nella banda di frequenza 0.1 – 4 Hz). Inoltre abbiamo sviluppato un modello virtuale per ricreare dei segnali simili – entro certi parametri di variabilità – a quelli osservati, simulando la statistica dell’attività neurale sottostante alle immagini e la dinamica, in forma semplice, delle onde lente.

Quello delle onde lente (*delta waves*) è un regime di attività cerebrale che si osserva in tutti i mammiferi nello stato di sonno profondo o sotto anestesia (add ref). È caratterizzato dall’attivazione collettiva su larga scala di gruppi di neuroni con un preciso pattern spaziotemporale che ricorda, appunto, un’onda.

Il fenomeno è talmente evidente da essere stata la prima forma di attività neurale riconosciuta. Le prime osservazioni risalgono agli anni ’30 e furono effettuate da W. Grey Walker tramite elettroencefalogramma (EEG), inventato da Hans Berger nel 1924. Da allora molti studi sono stati condotti sui vari regimi dell’attività nervosa. Negli ultimi anni anche la comprensione delle onde delta è migliorata sia sotto il profilo della loro dinamica (ref. ()), che nell’identificazione del loro ruolo funzionale e cognitivo (eg. Harmony 2013).

Fino ad oggi gli strumenti standard per lo studio delle onde delta sono stati di tipo elettrofisiologico (EEG ed elettrodi): nell’attività elettrica del sistema nervoso è chiaramente visibile la propagazione di segnali di tipo ondoso (il cui fronte può avere forme molteplici) che modulano la frequenza di spiking dei neuroni presenti nella corteccia, con regolarità. Il fine di questo lavoro è determinare se questa attività sia rilevabile anche otticamente.

I dati a nostra disposizione sono stati ottenuti tramite segnali luminosi generati da proteine fluorescenti ultrasensibili alla presenza di ioni Ca2+, presenti nel sistema nervoso dei campioni e manifestatesi in seguito a codifica genetica. Le immagini godono di un’ottima risoluzione spaziale (pixel di 50 micron \* 50 micron) rispetto alle griglie di elettrodi attualmente in uso (add ref.), sebbene la risoluzione temporale che offrono sia di gran lunga inferiore.

Nonostante questa tecnica disponga di una frequenza di campionamento bassa rispetto a quelle tipiche dell’elettrofisiologia e il segnale sia convoluto con la funzione di trasferimento di fluorescenza i cui tempi di risposta sono anch’essi lenti, crediamo sia possibile identificare – se presente - un segnale nella banda di frequenze di riferimento.

Dopo aver mascherato la parte non informativa delle immagini (bordi neri), abbiamo trasformato i file tif in matrici di dati numerici. Abbiamo analizzato numericamente il segnale corrispondente all’intensità luminosa di ogni pixel e ne abbiamo studiato le correlazioni spaziotemporali per individuare le onde.

Al contempo abbiamo simulato, tramite codice Python, l’attività nervosa sottostante alle immagini con un approccio prettamente statistico. Il fine è stato di riprodurre un segnale quanto più simile a quello osservato, permettendo anche di effettuare misure sulla funzione di trasferimento del fenomeno di fluorescenza, che intercorre tra la dinamica dei flussi di Calcio e l’emissione dei fotoni da parte delle proteine.